5Б

УДК 656.612

А.П. Бень
Херсонский государственный морской институт, г. Херсон, Украина
ben@kmi.kherson.ua

Формализация правил МППСС-72 в системе поддержки принятия решений судоводителя

В статье рассматривается проблема формализации международных правил предотвращения столкновения судов (МППСС-72) в системах поддержки принятия решений судоводителя. Предложена фреймовая модель представления правил МППСС-72, что упрощает последующее использование правил в процессе описания навигационных ситуаций в системе поддержки принятия решений.

Введение

Анализ причин столкновений судов показывает, что главная причина аварий – человеческие ошибки, составляющие 80% от общего количества причин, приводящих к столкновению. Решение проблемы предупреждения столкновений судов требует, с одной стороны, создания и совершенствования технических средств, разумного повышения уровня их автоматизации, а с другой – преодоления отрицательного влияния человеческого фактора. Одним из наиболее перспективных путей снижения уровня аварийности на море является создание систем поддержки принятия решений (СППР) судоводителя. Разработка таких СППР сопряжена с рядом сложностей, одна из которых – формализация Международных правил по предотвращению столкновения судов (МППСС-72) в виде, удобном для практического использования в базе знаний СППР.

Целью данной работы является разработка модели представления правил МППСС-72 в СППР судоводителя и определение базовых принципов использования предложенной модели для представления навигационных ситуаций.

Анализ исследований и предшествующие публикации

МППСС-72 являются основополагающим нормативным документом, регламентирующим процессы расхождения судов, поэтому формализации правил посвящено достаточно большое число работ исследователей, работающих в области интеллектуальных и автоматизированных систем управления движением судов [1-7].

Следует отметить, что, несмотря на значительное количество различных теоретических подходов к построению формальных моделей МППСС-72, к настоящему времени поставленная задача полностью не решена, ввиду неоднозначности трактовок некоторых положений правил. Вместе с тем важность правил как ключевого нормативного документа в судовождении обуславливает необходимость разработки формальных моделей МППСС-72, пригодных для использования в СППР судоводителя. Отличительными особенностями СППР судоводителя является принятие решений по управлению судном в реальном времени, в условиях динамически изменяющейся навигационной обстановки. В настоящей статье предложена модель представления правил МППСС-72 в виде фреймовых структур, что упрощает последующее использование правил для описания навигационных ситуаций.

Основная часть

МППСС-72 состоят из пяти частей, содержащих 38 правил, и четырех приложений, как представлено на рис. 1. При разработке СППР судоводителя наибольшую сложность формализации представляют правила, относящиеся к части B – «правила плавания и маневрирования», которая и будет рассмотрена в настоящей статье более детально. Сведения, содержащиеся в частях A, C, D, E правил носят преимущественно декларативный характер и их представление в СППР не вызывает существенных затруднений.

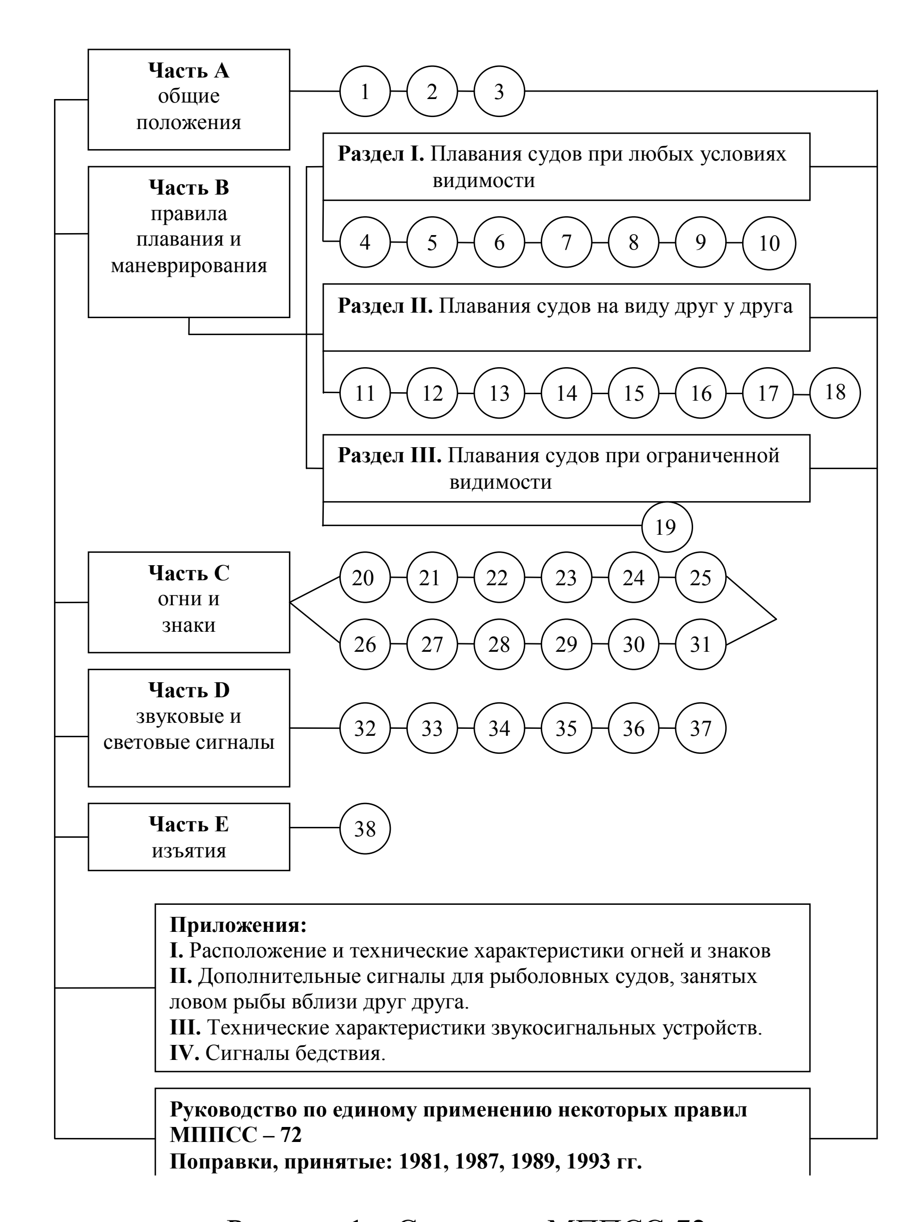


Рисунок 1 – Структура МППСС-72

Рассмотрим порядок формальной записи правил МППСС-72 в СППР судоводителя (за исключением правил 4, 5 и 11, которые также являются декларативными и определяют условия применения правил из разделов I и II части B). Каждое правило может быть представлено в виде фрейм-структуры следующего вида:

[{идентификатор правила}, {условия применения правила}, {объекты, на которые распространяется действие правила}, {действия, рекомендуемые правилом}, {действия, запрещаемые правилом}, {условия реализации действий, рекомендуемых правилом}, {условия реализации действий, запрещаемых правилом} {исключение из правила} {приоритет правила}].

Поскольку МППСС-72 регламентируют попарное взаимодействие судов, при формировании сценариев развития текущей ситуации в СППР целесообразно рассматривать именно такой вид взаимодействия, принимая, однако, при этом во внимание тот факт, что суда взаимодействуют не только с нашим собственным судном, но и друг с другом.

Очевидно, что число рассматриваемых взаимодействующих пар судов для случая N судов в зоне расхождения будет равно числу сочетаний C_N^2:

$$C_N^2 = \frac{N!}{(N-2)!2!}$$

Величина C_N^2 на практике крайне редко превышает значение 190 (что соответствует 20 судам в зоне расхождения), а для большинства рассматриваемых ситуаций находится в диапазоне [1;21] (2 – 7 взаимодействующих судов соответственно). Указанный порядок величины C_N^2 хотя и делает невозможным «проигрывание» всех возможных вариантов взаимодействий непосредственно усилиями судоводителя, как это отмечается в работе [7], тем не менее, не является препятствием для осуществления такой операции современными средствами вычислительной техники в режиме реального времени, учитывая то обстоятельство, что реальное значение величины C_N^2 может быть дополнительно существенно уменьшено путем введения предварительной классификации судов по степени их опасности друг для друга. Суда, рассматриваемые СППР, могут быть классифицированы на три категории, в соответствии с которыми формируется множество возможных сценариев их взаимодействия друг с другом: «безопасное судно», «потенциально опасное судно», «опасное судно». Для оценки уровня опасности целесообразно использовать систему критериев, предложенных в работах [8], [9].

Оценка навигационной ситуации в СППР и построение возможных сценариев ее дальнейшего развития осуществляется путем формирования и анализа правил, представленных в виде фрейм-структур следующего вида:

[{идентификатор судна}, {параметры движения судна}, {действия судна, рекомендуемые МППСС}, {действия судна, запрещаемые МППСС}, {действия, реализованные судном с момента наблюдения}, {предполагаемые действия судна}].

Слот {идентификатор судна} содержит поля <тип судна>, <маневренные характеристики судна> и <размеры судна>. Значения поля <тип судна> регламентированы требованиями МППСС-72: «судно с механическим двигателем», «малое судно», «судно, занятое ловом рыбы», «парусное судно», «судно, лишенное возможности управляться», «судно, ограниченное в возможности маневрировать», «гидросамолет», «неидентифицированное судно». Слот {параметры движения судна} содержит поля <координаты (x_i, y_i)>, <скорость V_i>, <курс ψ_i>. Слоты {действия судна, рекомендуемые МППСС} и {действия судна, запрещаемые МППСС} содержат ранжированные списки действий, сформированные СППР на основе требований МППСС-72 применительно к ситуации взаимодействия рассматриваемой пары судов, каждое из которых

представлено собственной фрейм-структурой. Два оставшихся слота содержат информацию о локальном сценарии взаимодействия для конкретной пары в разрезе уже реализованных и предполагаемых действий.

Выбор пар судов, взаимодействие которых анализируется СППР и для которых формируются сценарии, осуществляется в соответствии с уровнем их опасности друг для друга. Ввиду того, что наличие полных и достоверных данных о параметрах движения судов труднодостижимо на практике даже для навигационных ситуаций, характеризуемых хорошими условиями видимости, практическое использование данного подхода требует введения интервальных оценок в слот {параметры движения судна}, что позволяет учитывать неполноту и неточность имеющейся информации. Также возможно использование в СППР данного слота с частично заполненными полями. Основы построения и базовые принципы функционирования СППР судоводителя детально рассмотрены в работе [10].

Выводы

Применение предложенного подхода к формализации правил МППСС-72 позволило реализовать в СППР имитационную модель расхождения судов, учитывающую требования МППСС-72 и логику действий судоводителей. Использование фреймовой структуры как для представления правил МППСС-72, так и для возможных навигационных ситуаций упрощает формирование и анализ сценариев расхождения. Перспективным направлением дальнейших исследований является введение интервальных оценок в параметры движения судов, позволяющие учитывать неточность имеющейся информации, а также использование комплексных критериев оценки уровня безопасности и методов прогнозирования возможных траекторий движения судов для ограничения количества возможных сценариев расхождения.

Литература

1. Цымбал Н.Н. Формализация МППСС-72 в части координации взаимодействия судов при расхождении / Н.Н. Цымбал, Р.Ю. Бужбецкий // Судовождение. – 2006. – № 12. – С. 124-129.
2. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Цымбал Н.Н., Бурмака И.А., Тюпиков Е.Е. – Одесса : КП ОГТ, 2007. – 424 с.
3. Цымбал Н.Н. Учет ограничений МППСС-72 при выборе маневра расхождения судов / Н.Н. Цымбал, Р.Ю. Бужбецкий // Судовождение. – 2006. – № 11. – С. 134-138.
4. Lisowski J. Game control methods in navigator decision support system / J. Lisowski // The Archives of Transport. – 2005. – № 3-4, vol. XVII. – P. 133-147.
5. Родионов А.И. Формализация принятия решений о маневре при расхождении судов // Вычислительная техника на морском флоте / А.И. Родионов. – М. : Рекламбюро, 1975. – С. 10-16.
6. Алексейчук М.С. Основные принципы системы принятия оптимального решения при расхождении судов / М.С. Алексейчук // Судовождение : сб. науч. трудов ОГМА. – 1999. – Вып. 1. – С. 7-14.
7. Мальцев А.С. Интеллектуальные гибридные системы поддержки принятия решений при расхождении судов / А.С. Мальцев // Судовождение : сб. научн. трудов ОНМА. – 2006. – Вып. 11. – С. 74-86.
8. Мальцев А.С. Каталог ситуаций и видов маневра при относительном движении судов / Мальцев А.С. – Одесса, 2005. – 38 с.
9. Бень А.П. Принципи побудови систем підтримки прийняття рішень судноводія / А.П. Бень // Матеріали другої науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010)». 25 – 27 травня 2010 р. – Херсон : ХДМІ, Т. 1. – С. 8-11.
10. Бень А.П. Использование теоретико-игровой модели для представления и анализа навигационных ситуаций в системе поддержки принятия решений судоводителя / А.П. Бень // Искусственный интеллект. – 2010. – № 3. – С. 439-443.

Literatura

1. Cymbal N.N. Sudovozhdenie. № 12. 2006. S. 124-129.
2. Cymbal N.N. Gibkie strategii rashozhdenija sudov. Odessa: KP OGT. 2007. 424 s.
3. Cymbal N.N. Sudovozhdenie. № 11. 2006. S. 134-138.
4. Lisowski J. The Archives of Transport. №3-4. Vol. XVII. 2005. P. 133-147
5. Rodionov A.I. Vychislitel'naja tehnika na morskom flote. M.: Reklambjuro. 1975. S. 10-16.
6. Aleksejchuk M.S. Sudovozhdenie: Sb. nauch. trudov ONMA. Vyp. 1. 1999. S. 7-14.
7. Mal'cev A.S. Sudovozhdenie: Sb. nauchn. trudov ONMA. Vyp. 11. Odessa: IzdatInform. 2006. S. 74-86.
8. Mal'cev A.S. Katalog situacij i vidov manevra pri otnositel'nom dvizhenii sudov. ONMA: Kafedra Upravlenie sudnom. 2005. 38 s.
9. Ben' A.P. Materialy drugoi naukovo-praktychnoi konferencii “Suchasni informacijni ta innovacijni tehnologii na transporti (MINTT-2010)”. Herson: HDMI. 25 – 27 travnja 2010. T. 1. S. 8-11.
10. Ben' A.P Iskusstvennyj intellect. №. 3. 2010. S. 439-443.

А.П. Бень

Формалізація правил МППЗС-72 в системі підтримки прийняття рішень судноводія

У статті розглядається проблема формалізації міжнародних правил попередження зіткнення суден (МППЗС-72) в системах підтримки прийняття рішень судноводія. Запропонована фреймова модель подання правил МППЗС-72, що спрощує наступне застосування правил у процесі опису в системі підтримки прийняття рішень.

A.P. Ben

Formalization of COLREG-72 Rules in Decision-Support System of a Navigator

In the article the problem of formalization of the international rules for prevention of ship collision (COLREG-72) in decision-support systems of a navigator is considered. The frame model for representation of COLREG-72 rules is offered. That simplifies the use of rules in the process of description of navigating situations in decision-support system.

Статья поступила в редакцию 25.06.2011.